Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 877-892

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 892-877

ارزیابی خصوصیات مورفو-فنولوژیکی و کمّی اکوتیپ‌های رازیانه تحت تنش خشکی

علی ایزانلو[1]، محمد ضابط[1]، سید حمید رضا رمضانی[2]* و عالیه جامی[3]

تاریخ دریافت: 96/03/03
تاریخ پذیرش: 97/04/04

ایزانلو، ع.، ضابط، م.، رمضانی، س.ح.ر.، و جامی، ع. 1398. ارزیابی خصوصیات مورفو-فنولوژیکی و کمی اکوتیپ‌های رازیانه تحت تنش خشکی. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 892-877.

چکیده

تنش خشکی از مهم‌ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفوفنولوژیکی و عملکرد بذری هفت اکوتیپ مختلف رازیانه بود. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو مکان نرمال و تنش خشکی انتهای فصل در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال 1394 صورت پذیرفت. صفات مورد بررسی شامل تعداد روز تا 50% گل‌دهی، تعداد روز تا 50٪ رسیدگی، ارتفاع کل گیاه، ارتفاع تا چتر اصلی، تعداد شاخه‌های اصلی گیاه، تعداد چتر در بوته، تعداد چتر بارور در بوته، تعداد دانه در چتر اصلی، تعداد چترک در چتر اصلی، طول میان‌گره انتهایی، تعداد میان‌گره و عملکرد دانه بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب هر دو مکان حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین اکوتیپ‌ها برای اکثر صفات مورد بررسی به‌جز تعداد شاخه‌های اصلی و تعداد چتر بارور در بوته بود. نتایج همبستگی نشان داد که در شرایط نرمال عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در چتر اصلی، تعداد چتر بارور در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار در حالی‌که با تعداد روز تا 50% گل‌دهی منفی بود و تحت شرایط تنش همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد دانه در چتر اصلی مثبت و معنی‌دار و با صفات تعداد چتر و طول میان‌گره انتهایی منفی و معنی‌دار بود. تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌های مورد بررسی در دو شرایط نرمال و تنش مشابه و شامل دو گروه اول (ایلام، گناباد و خوسف) و دوم (مشهد، نیشابور، بجنورد و رومی) بود. اکوتیپ بجنورد در شرایط نرمال و اکوتیپ‌های مشهد، نیشابور، خوسف و بجنورد در شرایط تنش بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داده بودند. به‌طور کلی نتایج نشان داد که اکوتیپ بجنورد از عملکرد بیش‌تر و پایدارتری تحت هر دو شرایط نرمال و تنش برخوردار بوده و صفات تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته و تعداد چتر بارور در بوته را می‌توان به‌عنوان صفات مؤثر بر عملکرد دانه و استفاده در برنامه‌های اصلاحی رازیانه محسوب نمود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تجزیه همبستگی، تنش کم‌آبی، بادیان

مقدمه

تقریباً 10 درصد از زمین‌های قابل‌کشت جهان به‌عنوان منطقه عاری از تنش طبقه‌بندی شده که تنش خشکی با 26 درصد از مهم‌ترین تنش‌ها محسوب می‌گردد، سایر تنش‌ها اغلب به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم از طریق تنش خشکی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تنش خشکی تقریباً تمام جنبه‌های رشد گیاه و بیش‌تر فرآیندهای فیزیولوژیک آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hung, 2000). تنش خشکی یکی از عمده‌ترین عوامل غیرزیستی محدودکننده رشد و عملکرد محصولات زراعی در اکثر مناطق دنیا بوده و باعث تغییراتی در رشد گیاهان دارویی، در مقدار و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها (نظیر آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، استروئیدها، روغن‌های فرار (عطرمایه‌ها) می‌گردد (Omid-Beygi, 2009). با توجه به محدود بودن سطح گسترش رویشگاهی برخی گونه‌ها، کشت و اهلی‌سازی

1- استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
2- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، آموزشکده کشاورزی سرایان، دانشگاه بیرجند
3- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: hrramazani@Birjand.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.64621

گیاهان دارویی از جنبه‌های مختلف حائز اهمیت است. بنابراین اهلی-سازی و توسعه کشت گیاهان اهلی‌شده، فشار برداشت از عرصه‌های طبیعی را برای بسیاری از گونه‌های گیاهی نادر و کند رشد که در معرض خطر انقراض هستند کاهش داده (Vogel, 2004) و امکان تولید مقادیر موردنیاز از مواد خام گیاهی را تضمین می‌نماید. طی فرآیند اهلی‌سازی، شناسایی دقیق گونه‌ها فراهم گردیده و کنترل کیفیت مواد خام گیاهی و تنظیم استانداردهای تولید گیاه دارویی امکان‌پذیر خواهد شد (Sabet Teimouri, 2016).

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننـده تولیـد موفقیـت‌آمیـز محصولات زراعی در سراسر جهان به حساب مـی‌آیـد و ایـن عامـل زمانی ایجاد می‌شود که ترکیباتی از عوامل فیزیکی و محیطی باعـث تنش در داخل گیاه شده و درنتیجه تولید را کاهش می‌دهند. هم‌چنین یک عامل کاهنده عملکرد بوده که این حالـت حتـی در مـواردی‌کـه صدمه واردشده مشهود نباشـد، نیـز صـادق اسـت (Sarmadnia & Koocheki, 1991).

امروزه مشخص گردیده است که تنش خشکی همیشـه بـه طـور کامل مضر نیست و گزارش‌های مبنی بر تأثیر مثبت آن برساخت مواد مؤثره گیاهان دارویی و معطر وجود دارد. گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill)، یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی مـورد اسـتفاده انسان است. رازیانه از خانواده چتریان، گیاهی افراشته و دائمی اسـت که بومی مدیترانه بوده و در بیش‌تر مناطق ایران نیز سازگار شده است (Yazdani et al., 2004). عطرمایـه حاصل از دانـه آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد اسـتفاده قــرار می-گیرد (Darzi & Haj-Seyed-Hadi, 2002). بررسی‌هـا نشـان داده است که اثر تنش کم‌آبی بر رشد و عملکرد در گیاهان مختلف در طی فصل متفاوت هست (Berenguer & Faci, 2001). پـژوهش‌هـایی که بر روی اکوتیپ‌های مختلف رازیانه انجام شده، بیانگر این موضوع می‌باشد که اثرات متقابل محیط در اکوتیپ در این گیاه مهم بـوده و این اثرات در بسیاری از صفات مهم عملکردی اعم از عملکرد دانـه و روغـن، بسـیار معنـی‌دار مـی‌باشـد (Lal, 2008). جـانگیر و سـینگ (Jangir & Singh,1996) اثرسه تیمار تعداد آبیاری (شامل 4، 5 و 6 آبیاری در طول فصل رشد) را بر عملکرد زیره سـبز بررسـی کردنـد. نتایج آن‌ها نشان داد که رژیم آبیاری اثر معنی‌داری بر دانـه و اجـزاء عملکرد داشت و انجام پنج آبیاری باعث افزایش عملکرد در مقایسـه با چهار آبیاری شد، اما آبیاری بیش‌تـر (شـش آبیـاری) افزایشـی در عملکرد ایجاد نکرد. گزارش بونتین و چانگ (Buntain & Chung, 1994) حاکی از افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد عطرمایه رازیانه بـا آبیـاری کامـل در طـی فصـل رشـد بـود. کـوچکی و همکـاران (Koocheki et al., 2006) با مطالعه اثر فواصل مختلـف آبیـاری و تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد در توده بومی رازیانه نشان دادند که آبیاری تأثیر معنی‌داری بر اندام‌های رویشی و زایشی رازیانـه داشـت، به‌طوری‌که با افزایش فواصل آبیاری، ارتفاع، وزن خشک سـاقه، وزن خشک کل، تعداد انشعاب‌های فرعی در مترمربع، تعداد چتر در انشعاب فرعی، تعداد چترک در چتر در بوته، تعداد چتر بارور در انشعاب اصلی، تعداد کل چتر در انشعاب فرعی، تعداد چترک در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه روند کاهشی داشت. بیش‌ترین عملکرد دانـه رازیانـه در توده بومی کرمان با فواصـل آبیـاری 10 روز و تـراکم 100 بوتـه در مترمربع گزارش شد. امامی و همکاران (Emami et al., 2010) نیـز با بررسی تأثیر دور آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکـرد چهـار رقم رازیانه نشان دادند که اثر دور آبیاری بر تمامی صفات آزمایشـی معنی‌دار بود. رقم نیز تأثیر معنی‌داری بر تعداد چتر، تعداد چتر ناقص، تعداد دانه در خوشه، عملکرد دانه و وزن هزار دانه داشت. وجـود ژرم-پلاسم گسترده، وجود تنوع ژنتیکی بین گونه‌ها، نیاز آبی کم و مقاومت به خشکی ازجمله عواملی است که اهمیت گیاه رازیانه را زیـاد کـرده است (Charles et al., 1993). علی‌رغم گـرایش بـه سـمت کشـت و مصرف فرآورده‌های طبیعی در دنیا از یـک طـرف و اهمیت دارویی گیــاه رازیانه در مقایسه با سایر گیاهان از ســوی دیگــر، مطالعات معدودی بر روی این گیاه انجام شده‌است و تاکنون تولید بذور اصلاح شده در این گیاه گزارش نشده است. بنابراین، هدف از ایـن آزمـایش ارزیابی خصوصیات مورفو-فنولوژیکی و کمّی اکوتیـپ‌هـای مختلـف رازیانه و گزینش مقاومت و سازگاری اکوتیپ‌ها تحت تنش خشکی و بهره‌برداری از آن جهت اجرای برنامه‌های اصلاحی است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تحمل به تنش خشکی در هفت اکوتیپ مختلف رازیانه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و تحت شرایط نرمال و تنش خشکی در سال 1394 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا گردیـد. اکوتیـپ‌هـای مـورد استفاده شامل خوسف، مشهد، نیشابور، گناباد، بجنورد، ایلام و رومـی بودند. بذور هر اکوتیپ در کرت‌های بـا ابعـاد یـک مترمربـع کشـت

گردید. در طی فصل رشد عملیات زراعی معمول از قبیل وجین علف‌های هرز صورت پذیرفت و بیماری و آفات نیز مشاهده نشد. بر اساس آزمایش خاک مقدار 100 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و 150 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، قبل از کشت به خاک اضافه شد. نیمی از نیتروژن مورد نیاز هر کرت در اولین آبیاری پس از تنک کردن نهایی بوته‌ها با استفاده از منبع کود اوره تأمین گردید و نیم دیگر نیتروژن در اواخر خرداد هم‌زمان با شروع فاز زایشی گیاه داده شد. به‌منظور حصول تراکم مطلوب بعد از تنک کردن تعداد 10 بوته در مترمربع به‌عنوان تراکم نهایی در نظر گرفته شد (Khorshidi et al., 2010; Bahmani et al., 2015). تاریخ کاشت اواخر اسفند 1393و بذور به‌صورت دستی با عمق دو تا سه سانتی‌متر و به‌صورت کرتی کشت شد. تنش خشکی در مرحله گل‌دهی در اواخر خرداد ماه اعمال گردید. تا قبل از اعمال تنش، آبیاری هر دو قطعه نرمال و تنش به‌صورت نرمال و بر اساس 80 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت پذیرفت. با شروع تنش خشکی در آزمایش نرمال آبیاری به‌صورت نرمال و بر اساس 80 میلی‌متر تبخیر بود، ولی اعمال تنش در آزمایش تنش خشکی بر اساس 180 میلی‌لیتر تبخیر صورت گرفت (Ahmadi et al., 2014).

پنج بوته به تصادف از هر کرت گزینش و اندازه‌گیری صفات بر روی آن‌ها صورت پذیرفت. صفات اندازه‌گیری‌شده شامل تعداد روز تا 50% گل‌دهی، تعداد روز تا 50٪ رسیدگی، ارتفاع کل گیاه، ارتفاع تا چتر اصلی، تعداد شاخه‌های اصلی گیاه، تعداد چتر در بوته، تعداد چتر بارور در بوته، تعداد دانه در چتر اصلی، تعداد چترک در چتر اصلی، طول میان‌گره انتهایی، تعداد میان‌گره و عملکرد دانه بود. زمان برداشت برای اکوتیپ‌های زودرس اواخر مرداد و در اکوتیپ‌های دیررس در شهریورماه و قبل از ریزش بذور بود. تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار GenStat 12 انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای تجزیه خوشه‌ای با استفاده از صفات مورد بررسی از معیار مربع فاصله اقلیدسی و از روش وارد (Ward) استفاده گردید. دندروگرام تجزیه خوشه‌ای و محاسبه ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت پذیرفت. برای رسم بای‌پلات از نرم‌افزار GenStat 12 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب حاکی از آن بود که اثر اکوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات مطالعه‌شده به‌جز تعداد شاخه‌های اصلی و تعداد چتر بارور در بوته معنی‌دار (P<0/01) بود (جدول 1). هم‌چنین قابل ذکر است که اثرات متقابل آزمایش تنش خشکی بر اکوتیپ بر تعداد چتر در بوته، تعداد چتر بارور در بوته و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد. نتایج نشان داد که آزمایش تنش خشکی برای تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده به‌جز عملکرد دانه (در سطح احتمال پنج درصد) و ارتفاع گیاه (درسطح احتمال پنج درصد) معنی‌دار نشد (جدول 1). لذا مقایسات میانگین به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت.

مقایسه میانگین و برآورد وراثت‌پذیری صفات

مقایسه میانگین عملکرد دانه در دو شرایط نرمال و تنش خشکی نشان داد که بین اکوتیپ‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری (P<0/05) وجود دارد؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان مربوط به اکوتیپ‌های بجنورد و مشهد (به‌ترتیب با 359/4 و 359/1) و کم‌ترین آن مربوط به اکوتیپ گناباد با متوسط عملکرد کل 97/8 کیلوگرم در هکتار بود (جدول 2). در مورد صفت ارتفاع بوته در مجموع دو شرایط تنش و نرمال، اختلاف بین بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع مشاهده شده در اکوتیپ‌های مورد مطالعه به بیش از دو برابر رسید، به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفاع مربوط به اکوتیپ گناباد (119/7 سانتی‌متر) و کم‌ترین آن مربوط به رقم رومی (52/2 سانتی‌متر) بود (جدول 2). بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس آزمایش تنش در بقیه صفات، تأثیر معنی‌داری نداشته است(جدول 1). نتایج حاکی از آن بود که اثرات متقابل تنش در اکوتیپ به‌جز در صفات عملکرد دانه، تعداد چتر و تعداد چتر بارور در بوته (P<0/01) معنی‌دار نشده است (جدول 1).

تیمار اکوتیپ بر کلیه صفات به‌جز تعداد شاخه‌های اصلی بوته و تعداد چتر بارور در بوته تأثیر معنی‌داری (P<0/01) نشان داد که دال بر وجود تنوع ژنتیکی بین آن‌ها می‌باشد. جدول مقایسه میانگین صفات نیز حاکی از آن است که اکوتیپ‌های مختلف از نظر صفات مورد مطالعه نتایج متفاوتی از خود نشان دادند. تفاوت بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه در مورد عملکرد دانه این مشهودتر بود؛ به‌طوری‌که در اکثر اکوتیپ‌ها به‌جز رومی و بجنورد عملکرد در شرایط آبی کم‌تر از شرایط دیم بود. ممکن است بتوان علت این موضوع را به تاریخ کاشت نسبت داد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف رازیانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش

Table 1- Analysis of variance (mean of squers) for fennel in normal irrigation and stress conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	تعداد روز تا ۵۰٪ رسیدگی Days to 50% maturity	تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering	تعداد میان‌گره No. Internods	طول میان‌گره انتهایی Terminal internode length	تعداد چترک در چتر اصلی No. umbelets/main umb.	تعداد دانه در چتر اصلی No. seeds/main umbrella	تعداد چتر بارور در بوته Effective No. of umbrella	تعداد چتر No. umb.	تعداد شاخه‌های اصلی بوته No. branches/plant	ارتفاع تا چتر اصلی Height of main umb.	ارتفاع گیاه Plant height
آزمایش تنش Experiment	1	3.405*	32.6 ^{ns}	18.7 ^{ns}	1.305 ^{ns}	0.01405 ^{ns}	0.057 ^{ns}	14.079 ^{ns}	0.2049 ^{ns}	0.0086 ^{ns}	3.622 ^{ns}	10.84 ^{ns}	367.8*
آزمایش در تکرار Exp.× Rep.	4	1.0419	16.4	54.0	3.488	0.0088	3.038	7.67	0.012	0.0238	2.415	40.83	218.3
اکوتیپ Ecotype	6	7.58**	1469.0**	3498**	29.3**	0.057**	59.27**	39.37**	0.053 ^{ns}	0.09**	3.029 ^{ns}	1285**	2628**
آزمایش در اکوتیپ Ecotype.× Irrig	6	4.03**	42.6 ^{ns}	168.8 ^{ns}	6.711 ^{ns}	0.017 ^{ns}	5.314 ^{ns}	2.081 ^{ns}	0.156**	0.06**	3.362 ^{ns}	64.61 ^{ns}	84.83 ^{ns}
خطا Error	24	0.7616	41.74	116.2	3.977	0.0132	3.948	4.39	0.048	0.018	1.735	52.63	71.1
ضریب تغییرات CV (%)		24.0	5.0	13.8	24.5	12.7	16.2	16.3	20.3	9.1	16.4	11.4	9.8

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns: غیرمعنی‌دار

*, ** and ns significant at 5 and 1% and non-significant, respectively.

جدول ۲- وراثت‌پذیری و مقایسه میانگین صفات موردبررسی در شرایط تنش و آبیاری نرمال

Table 2- Heritability and mean comparison of different charcteristics in normal irrigation and stress conditions

اکوتیپ Ecotype	تعداد دانه در چتر اصلی No. seeds/main umbrella			تعداد چتر بارور Effective no. of umbrella			تعداد چتر No. umb.			تعداد شاخه‌های اصلی گیاه No. branches/ Plant			ارتفاع تا چتر اصلی Height of main umb. (cm)		
	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total
خوسف Khoosf	9.13^{b}	11.03^{b}	10.1^{b}	1.14^{a}	0.92^{a}	12.1^{a}	26.8^{b}	27.7^{a}	27.2^{bc}	7.50^{a}	7.17^{a}	7.3^{a}	71.5^{a}	69.0^{a}	70.2^{b}
مشهد Mashhsad	15.73^{a}	15.07^{a}	15.4^{a}	1.21^{a}	1.22^{a}	16.9^{a}	37.8^{b}	35.5^{a}	36.7^{ab}	9.17^{a}	7.50^{a}	8.3^{a}	58.8^{b}	60.2^{b}	59.5^{c}
نیشابور Neyshabour	14.70^{a}	15.50^{a}	15.1^{a}	1.01^{a}	1.07^{a}	11.3^{a}	24.0^{b}	29.5^{a}	26.7^{bc}	7.50^{a}	6.67^{a}	7.1^{a}	54.3^{b}	61.2^{b}	57.7^{c}
گناباد Gonabad	9.50^{b}	12.33^{b}	10.9^{b}	1.38^{a}	0.91^{a}	19.1^{a}	69.2^{a}	29.0^{a}	49.1^{a}	9.38^{a}	7.33^{a}	8.6^{a}	82.8^{a}	95.2^{b}	89.0^{a}
رومی Roman	11.67^{b}	12.33^{b}	12.0^{b}	1.01^{a}	1.01^{a}	10.3^{a}	18.5^{b}	16.8^{a}	17.7^{c}	8.50^{a}	7.00^{a}	7.7^{a}	43.7^{b}	42.3^{b}	43.0^{d}
ایلام Ilam	9.43^{b}	11.51^{b}	10.1^{b}	$1 .27^{a}$	0.63^{a}	12.6^{a}	41.0^{b}	32.6^{a}	34.7^{ab}	8.33^{a}	9.89^{a}	8.9^{a}	71.5^{a}	69.1^{b}	70.1^{b}
بجنورد Bojnourd	15.77^{a}	16.27^{a}	16.0^{a}	1.00^{a}	1.28^{a}	14.7^{a}	26.2^{b}	48.0^{a}	37.1^{ab}	7.50^{a}	8.67^{a}	8.1^{a}	58.5^{b}	51.3 b	54.9^{c}
LSD	2.50			0.26			13.10			1.57			12.25		
Heritability وراثت‌پذیری	72.6			38.9			59.5			19.9			88.6		

Means with same letters in each column are not significantly different at 5% level by LSD test در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

ادامه جدول ۲- وراثت‌پذیری و مقایسه میانگین صفات موردبررسی در شرایط تنش و آبیاری نرمال

Continued table 2- Heritability and mean comparison of different charcteristics in normal irrigation and stress conditions

نام اکوتیپ Ecotype	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})			تعداد روز تا ۵۰٪ رسیدگی Days to 50% Maturity			تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering			تعداد چترک در چتر اصلی No. umbelets/main umb.		
	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total
خوسف Khoosf	343.8 a	68.4 b	206.1 b	146.0 a	143.7 a	144.8 a	96.7 a	105.3 a	101.0 a	7.00 d	9.00 b	8.00 b
مشهد Mashhsad	397.2 a	321.0 ab	359.1 a	126.7 b	129.3 b	128.0 b	76.7 b	52.7 b	64.7 b	14.33 b	14.00 a	14.16 a
نیشابور Neyshabour	331.2 a	186.0 b	258.6 a	124.0 b	122.7 b	123.3 b	52.7 b	54.3 b	53.5 b	13.67 b	13.50 a	13.58 a
گناباد Gonabad	43.2 c	152.4 b	97.8 bc	146.0 a	146.0 a	146.0 a	106.7 a	105.3 a	106.0 a	8.00 d	8.17 b	8.08 b
رومی Roman	204.6 b	214.2 b	209.4 b	107.0 b	107.0 b	107.0 d	62.0 b	62.0 b	62.0 b	17.17 a	14.67 a	15.92 a
ایلام Ilam	228.6 b	66.6 b	147.6 b	146.0 a	146.0 a	146.0 a	101.0 a	106.7 a	103.8 a	10.50 c	12.99 a	11.74 a
بجنورد Bojnourd	220.8 a	498.0 a	359.4 a	110.7 b	124.0 b	117.3 bc	56.0 a	56.0 b	56.0 b	15.50 b	13.33 a	14.41 a
LSD	11.76			7.69			12.85			2.37		
وراثت پذیری Heritability	74.8			91.9			90.6			82.3		

در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

Means with same letters in each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

ادامه جدول ۲ – وراثت‌پذیری و مقایسه میانگین صفات موردبررسی رازیانه در شرایط تنش و آبیاری نرمال

Continued table 2- Heritability and mean comparison of different charcteristics of fennel in normal irrigation and stress conditions

نام اکوتیپ Ecotype	تعداد میان‌گره No. internods			طول میان‌گره انتهایی Terminal internode length (cm)			ارتفاع گیاه Plant height		
	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total
خوسف Khoosf	5.60 ^{a*}	5.09 ^{c}	5.07 ^{bc}	8.67 ^{b}	8.95 ^{a}	8.81 ^{a}	91.7 ^{b}	94.0 ^{b}	92.8 ^{bc}
مشهد Mashhsad	11.43 ^{a}	8.16 ^{b}	9.79 ^{a}	6.50 ^{b}	6.62 ^{a}	6.56 ^{b}	82.2 ^{b}	80.2 ^{b}	81.2 ^{cd}
نیشابور Neyshabour	8.93 ^{a}	9.98 ^{a}	9.45 ^{a}	6.33 ^{b}	5.83 ^{a}	6.08 ^{b}	69.0 ^{b}	84.7 ^{b}	76.8 ^{d}
گناباد Gonabad	7.27 ^{a}	9.58 ^{a}	8.42 ^{b}	19.67 ^{a}	8.33 ^{a}	14.00 ^{a}	111.5 ^{a}	128.0 ^{a}	119.7 ^{a}
رومی Roman	5.72 ^{a}	5.15 ^{c}	5.43 ^{b}	9.17 ^{b}	9.17 ^{a}	9.17 ^{a}	53.0 ^{c}	51.5 ^{c}	52.2 ^{e}
ایلام Ilam	5.95 ^{a}	9.08 ^{a}	7.51 ^{b}	9.33 ^{b}	8.41 ^{a}	8.87 ^{a}	96.2 ^{b}	100.8^{b}	96.9 ^{b}
بجنورد Bojnourd	11.02 ^{a}	11.33 ^{a}	11.17 ^{a}	6.17 ^{b}	7.17 ^{a}	6.67 ^{b}	76.7^{b}	82.5 ^{b}	79.6 ^{d}
LSD	2.40			6.29			10.08		
وراثت پذیری Heritability	67.8			52.7			92.4		

*در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

*Means with same letters in each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

بدین‌صورت‌که در شرایط تنش به‌دلیل گل‌دهی زودهنگـام گیـاه توانسته است از گرمای شدید تابستان و بادهای 120 روزه منطقه فرار کند، بنابراین این گـل‌هـا بـه دور از گرمـای شـدید بـارور شـده‌انـد، درحالی‌که در شرایط نرمال گل‌دهی و در نتیجـه گـرده‌افشـانی گیـاه مصادف با شرایط نامساعد شده و در نتیجه عملکرد گیـاه در ایـن دو شرایط متفاوت شده‌است. هم‌چنین ممکن است بتوان این موضـوع را

به همبستگی منفی و معنی‌دار (r= -0/59) بین عملکرد دانه و تاریخ گل‌دهی در شرایط تنش مرتبط دانست، به‌گونه‌ای که گل‌دهی با تاخیر منجر به کاهش عملکرد دانه شده است (جدول 4). طبق نتایج وراثت‌پذیری صفات، همه صفات به‌جز صفت تعداد شاخه‌های اصلی و تعداد چتر مؤثر در بوته (به‌ترتیب با 19/9 و 38/9) وراثت‌پذیری بالایی از خود نشان دادند. در مطالعه حاضر بیش‌ترین و کم‌ترین میزان وراثت‌پذیری به‌ترتیب مربوط به صفات تعداد روز تا 50 درصد رسیدگی و تعداد شاخه‌های اصلی گیاه (به‌ترتیب با 91/9 و 19/9 درصد) بود. قابل ذکر است که میزان وراثت‌پذیری صفت عملکرد دانه 74/8 درصد برآورد گردید. از آن‌جا که میزان وراثت‌پذیری بیش‌تر صفات نشان‌دهنده سهم بیش‌تر عوامل ژنتیکی نسبت به عوامل محیطی در کنترل آن‌ها می‌باشد، لذا می‌توان در انتخاب اکوتیپ‌های برتر به این صفات توجه بیش‌تری نشان داد (Bahmankar et al., 2014).

تجزیه همبستگی

نتایج حاصل از تجزیه همبستگی در شرایط نرمال (جدول 3، قسمت بی‌رنگ) نشان داد که عملکرد دانه، به‌عنوان مهم‌ترین صفت در گزینش اکوتیپ برتر رازیانه، با صفات تعداد دانه در چتر اصلی و تعداد چتر بارور گیاه در سطح احتمال یک درصد و با صفت تعداد میان‌گره در سطح احتمال پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داده است. در مطالعه حاضر همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد روز تا گل‌دهی اکوتیپ‌ها مشاهده گردید (جدول 3). همان‌گونه که اشاره شد، دلایل رابطه منفی بین دو صفت مذکور را می‌توان به هم‌زمان شدن مرحله گل‌دهی با درجه حرارات بالا برخی از اکوتیپ‌های ناسازگار نسبت داد که این موضوع منجر به عملکرد دانه کاهش یافته است. همبستگی بالای صفات تعداد دانه در چتر اصلی، تعداد چتر بارور گیاه، تعداد میان‌گره و تعداد روز تا گل‌دهی با عملکرد نشان‌دهنده وجود تأثیر مستقیم و غیرمستقیم این صفات بر روی عملکرد دانه است. نتایج نشان داد در شرایط نرمال، تعداد دانه در چتر اصلی با صفت تعداد چتر و هم‌چنین با تعداد چترک در چتر اصلی در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول 3، قسمت بی‌رنگ).

نتایج همبستگی نشان داد در شرایط تنش صفت عملکرد دانه با صفات تعداد چتر در بوته و طول میان‌گره انتهایی همبستگی منفی و معنی‌دار و با تعداد دانه در چتر اصلی مثبت و معنی‌دار بود داشت (جدول 3- رنگ تیره). هم‌چنین نتایج نشان داد که ارتفاع بوته با ارتفاع تا چتر اصلی در سطح احتمال یک درصد دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود. صفت تعداد چتر بارور در گیاه با صفت ارتفاع گیاه، ارتفاع تا چتر اصلی، تعداد چتر و تعداد شاخه اصلی، تعداد روز تا گل‌دهی و رسیدگی همبستگی مثبت و با صفت تعداد چترک در چتر اصلی همبستگی منفی دارا بود (جدول 3- رنگ تیره). هم‌چنین همبستگی مثبت بین تعداد روز تا گل‌دهی و صفات ارتفاع، ارتفاع تا چتر اصلی، تعداد چتر، تعداد شاخه‌های اصلی گیاه، تعداد چتر بارور و تعداد روز تا رسیدگی مشاهده شد، ولی همبستگی این صفت با تعداد چترک در چتر اصلی و تعداد دانه در چتر اصلی منفی و معنی‌دار بود (جدول 3- رنگ تیره).

تجزیه بای پلات اکوتیپ × صفت

در شرایط نرمال

در مطالعات مربوط به بررسی روابط ژنتیکی بین صفات از بای‌پلات نیز می‌توان استفاده نمود. برای این منظور یک جدول دو طرفه ژنوتیپ × صفت ایجاد می‌شود. بای پلات می‌تواند برای تجسم همبستگی ژنتیکی، بین صفات به کار گرفته شود که از نظر درک روابط بین صفات مختلف در اصلاح‌نباتات از اهمیت بالایی برخوردار است. درک این روابط برای تعیین صفاتی که برای انتخاب غیرمستقیم صفت وابسته به کار گرفته می‌شوند، حائز اهمیت است. در تحقیق حاضر برای نشان دادن روابط بین صفات از طریق بای‌پلات از جدول دو طرفه ژنوتیپ × صفت استفاده گردید. با توجه به شکل 1، در شرایط نرمال، در ناحیه A به‌عنوان برترین ناحیه و اکوتیپ‌های بجنورد، نیشابور و مشهد بهترین عملکرد را در بین اکوتیپ‌ها از خود نشان دادند. هم‌چنین در این شرایط اکوتیپ‌های ایلام، گناباد و خوسف از نظر ارتفاع کل بوته، طول میان‌گره، تعداد روز تا رسیدگی و تعداد شاخه‌های اصلی بیش‌ترین مقدار را دارا بودند.

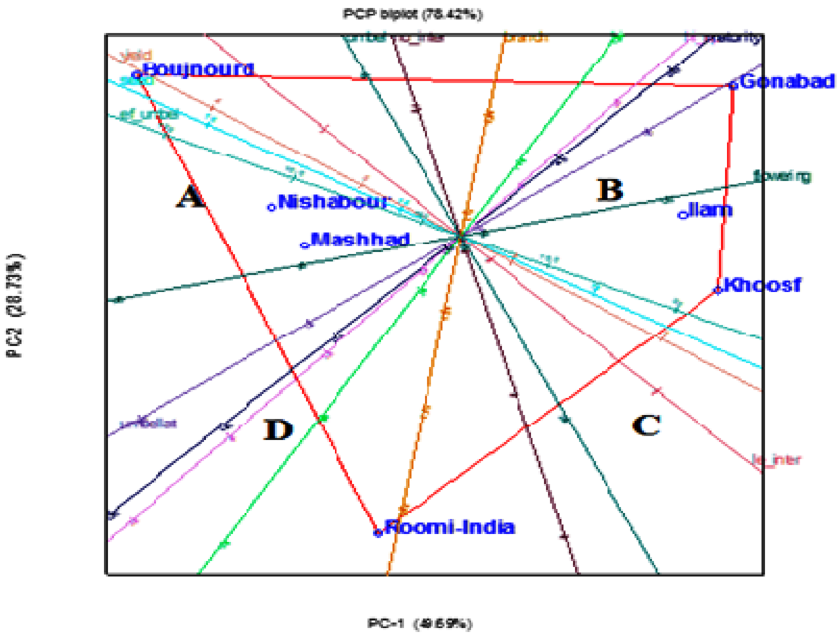
جدول۳- تجزیه همبستگی صفات رازیانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش

Table 3- Correlation analysis for fennel characteristics in normal irrigation and stress conditions

		ارتفاع گیاه	ارتفاع تا چتر اصلی	تعداد چتر	تعداد شاخه‌های اصلی گیاه	تعداد چترک در چتر اصلی	تعداد دانه در چتر اصلی	تعداد چتر بارور در بوته	طول میان‌گره انتهایی	تعداد میان‌گره	عملکرد دانه	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی	روز تا ۵۰٪ رسیدگی
		Plant height (cm)	**Height of main umb. (cm)**	**No. umb.**	**No. branches/ Plant**	**No. umbelets/ main umb.**	**No. seeds/main umbrella**	**Effective No. of umbrella**	**Terminal internode length (cm)**	**No. internods**	**Grain yield (kg.ha-1)**	**Days to 50% flowering**	**Days to 50% maturity**
Plant height (cm)	ارتفاع گیاه	1	0.97**	0.70**	0.24	-0.72**	-0.44**	0.49**	0.53*	0.03	-0.44	0.73**	0.82**
Height of main umb.(cm)	ارتفاع تا چتر اصلی	0.92**	1	0.66**	0.16	-0.79**	-0.52**	0.48*	0.54*	-0.09	-0.38	0.74**	0.83**
No. umb.	تعداد چتر	0.21	-0.01	1	0.63**	-0.39	-0.26	0.79**	0.36	0.03	-0.48*	0.73**	0.47*
No. branches/ Plant	تعداد شاخه‌های اصلی گیاه	0.17	0.01	0.42	1	-0.04	-0.06	0.45*	0.17	0.01	-0.15	0.46*	0.09
No. umbelets/main umb.	تعداد چترک در چتر اصلی	-0.65**	-0.72**	0.15	0.10	1	0.58**	-0.46*	-0.25	0.42	0.20	-0.61**	-0.87**
No. seeds/main umbrella	تعداد دانه در چتر اصلی	-0.15	-0.28	0.61**	0.11	0.49*	1	-0.20	-0.41	0.72**	0.57*	-0.61**	-0.57**
Effective No. of umbrella	تعداد چتر بارور در بوته	-0.23	-0.36	0.68**	-0.08	0.40*	0.69**	1	-0.07	-0.13	-0.25	0.54*	0.47*
Terminal internode length (cm)	طول میان‌گره انتهایی	-0.07	0.05	-0.22	0.23	-0.24	-0.66**	-0.39	1	-0.04	-0.54*	0.38	0.32
No. internods	تعداد میان‌گره	0.38	0.20	0.53**	0.31	0.14	0.74**	0.33	-0.65**	1	0.31	-0.28	-0.36
Grain yield (kg.ha-1)	عملکرد دانه	-0.19	-0.39	0.43	0.05	0.28	0.59**	0.63**	-0.44	0.57*	1	-0.42	-0.21
Days to 50% flowering	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی	0.64**	0.65**	-0.20	0.09	-0.69**	-0.60**	-0.60**	0.49*	-0.13	-0.59**	1	0.68**
Days to 50% Maturity	روز تا ۵۰٪ رسیدگی	0.73**	0.64**	0.13	-0.01	-0.52**	-0.33	-0.21	0.05	0.18	-0.33	0.77**	1
												نرمال Normal	تنش Stress

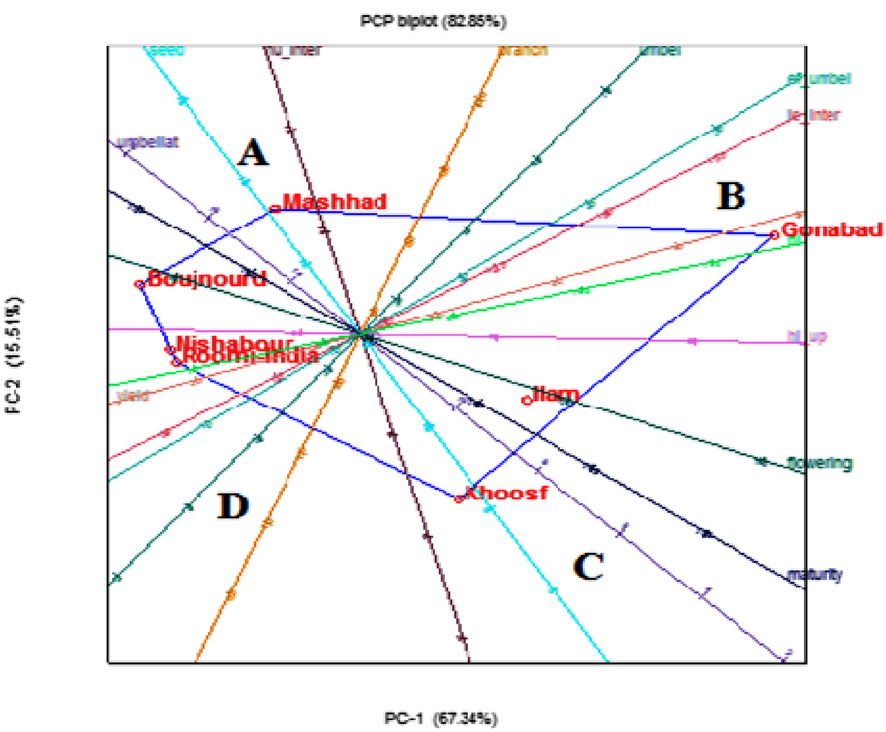
ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns,* and **: non-significant and significant at 5 and 1%, respectively.



شکل 1- بررسی رابطه بین صفات مختلف رازیانه با استفاده از بای‌پلات اکوتیپ × صفت (GT bi-plot) در شرایط آبیاری نرمال

Fig. 1- The relationships between different traits of fennel using ecotype × trait Bi-plot (GT bi-plot) in normal irrigation condition



شکل 2- بررسی رابطه بین صفات مختلف رازیانه با استفاده از بای‌پلات اکوتیپ × صفت (GT Bi-plot) در شرایط تنش

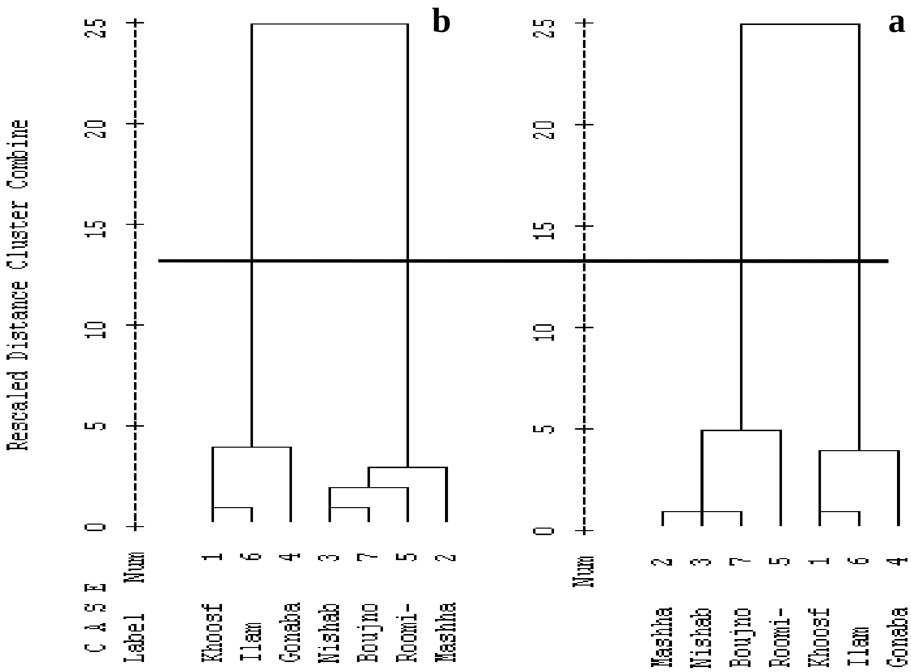
Fig. 2- The relationships between different traits of fennel using ecotype×trait Bi-plot (GT bi-plot) in stress condition

در شرایط تنش

در شرایط تنش (شکل 2) نیز ناحیه A به‌دلیل قرار گرفتن صفات عملکردی در این منطقه اکوتیپ‌های بجنورد، مشهد، نیشابور و رومی بهترین عملکرد و اکوتیپ‌های ایلام و خوسف عملکرد متوسطی را از خود نشان دادند.

تجزیه خوشه‌ای صفات مختلف در شرایط نرمال و تنش

به‌منظور تعیین قرابت ژنتیکی اکوتیپ‌های مورد بررسی و گروه‌بندی آن‌ها بر اساس میانگین‌های صفات، تجزیه خوشه‌ای در دو حالت شرایط نرمال و شرایط تنش خشکی با استفاده از روش وارد (Ward, 1963) انجام شد. تجزیه خوشه‌ای در دو حالت مذکور، اکوتیپ‌های مورد بررسی را در دو گروه مجزا قرار داد (شکل 3). اکوتیپ‌های مشهد، نیشابور و بجنورد و رومی در یک گروه و اکوتیپ‌های خوسف، ایلام و گناباد در گروه دیگر، قرار گرفتند.



شکل 3- تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط a) نرمال و b) تنش

Fig 3- The cluster analysis based on traits in conditions of a) Normal, b) Stress

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد (جدول 1) که اکوتیپ‌های رازیانه مورد مطالعه در تمامی صفات به‌جز تعداد شاخه اصلی و تعداد چتر مؤثر گیاهی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری با هم داشتند که این نتیجه بیان‌گر وجود تنوع ژنتیکی برای صفات ارزیابی‌شده در شرایط تنش خشکی و نرمال بود. پاسخ متفاوت اکوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به تنش خشکی موجب شد که اثر متقابل اکوتیپ × تنش، برای صفات تعداد چتر، تعداد چتر مؤثر گیاهی و عملکرد دانه معنی‌دار شود.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در دو شرایط نرمال و تنش صفات تعداد چتر در بوته و تعداد چتر بارور در بوته بیش‌تر از سایر صفات مطالعه شده تحت تأثیر شرایط آزمایش قرار گرفته‌اند و از آن‌جا که همبستگی این دو صفت با عملکرد دانه معنی‌دار بوده، لذا تغییرات در دو صفت مذکور منجر به وقوع تغییرات در عملکرد دانه شده است. سایر محققان نیز به‌منظور حصول عملکرد بیش‌تر در رازیانه، پیشنهاد نمودند که بیش ترین تأکید در گزینش باید روی صفات ارتفاع بوته، شاخه‌های اولیه گیاهی، کل شاخه‌های گیاهی و تعداد چتر مؤثر گیاهی باشد (Patel et al., 2008). نتایج دیگر محققان نشان داده که اثر کودهای زیستی بر افزایش تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد

دانـه رازیانـه معنـی‌دار شـده اسـت (Koocheki et al., 2016; Gholami et al., 2015). در مطالعه حاضر، صفاتی از جمله ارتفاع و عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش در سطح احتمـال پـنج درصـد تفاوت معنی‌داری را نشان دادند.

با توجه به جدول شماره 2، از نظر ارتفاع اکوتیپ‌هـای پاکوتـاه و پابلند به‌راحتی قابل تشخیص بودند به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفـاع در اکوتیپ گناباد و کم‌ترین ارتفاع در اکوتیپ رومی دیده شـد. محققـان گزارش نمودند که ارتفاع بوته در گیاهان دارویی تأثیر مثبتی بر روی عملکرد دارد (Bahmani et al., 2015)، از آن‌جا که در مطالعه حاضر کاهش ارتفاع بوته اکوتیپ گناباد در شرایط تنش نسـبت بـه شـرایط نرمال نسبت به سایر اکوتیپ‌ها بیش‌تر بوده است، لذا این موضـوع را می‌توان در کاهش عملکرد دانه این اکوتیپ نیز در نظر گرفت. نتـایج حاکی از آن بود که از نظر تعداد چتر در شرایط نرمال تفاوت معنـی-داری بین اکوتیپ‌ها دیده نشد، امّا در شـرایط تـنش اکوتیـپ گنابـاد بیش‌ترین تعداد چتر و کم‌ترین میزان عملکرد دانه را نشان داده است که شاید بتوان دلیل آن را به صرف انرژی بیش‌تر این اکوتیپ جهـت تولید تعداد شاخه بالاتر نسبت داد و از آن‌جا که بین عملکـرد دانـه و تعداد چتر در شرایط تنش رابطه منفی وجود داشته، این امر منجر بـه کاهش عملکرد دانه در آن شده است. از لحاظ میزان عملکرد دانه در شرایط نرمال اکوتیپ‌ها به دو کلاس طبقه‌بندی شدند، به‌طـوری‌کـه اکوتیپ‌های بجنورد، نیشابور و مشهد بیش‌ترین میزان دانه در چتر و بقیه اکوتیپ‌ها در کلاس پائین‌تر قرار گرفتند. بـرای صـفت عملکـرد دانه تحت تنش اکوتیپ‌ها نیز به دو کـلاس طبقـه‌بنـدی شـدند کـه اکوتیـپ بجنـورد بـیش‌تـرین عملکـرد در شـرایط نرمـال را داشـت درحالی‌که در شریط تنش اکوتیپ‌هـای مشـهد، نیشـابور، خوسـف و بجنورد بالاترین کلاس عملکردی، اکوتیـپ‌هـای رومـی و ایـلام در کلاس میانه و اکوتیپ گناباد کم‌ترین میزان عملکرد را نشان دادند.

با توجه به نتایج تجزیه همبستگی، عملکرد دانه در شرایط تنش دستخوش تغییراتی شده به‌طوری‌که افزایش تعداد چتر در اکوتیپ‌هـا باعث کاهش وزن دانه شده که نتیجه‌ی آن همبستگی منفـی تعـداد چتر با صفت عملکرد دانه بوده است. گرچه ممکن است بتـوان گفـت در شرایط تنش در اکثر اکوتیپ‌ها تعداد چتـر افـزایش یافتـه اسـت و احتمال دارد که این رخداد در نتیجه بیان ژن‌های کنترل‌کننده تعـداد چتر تحت شرایط تنش باشد، اما از آن‌جایی که تحـت شـرایط تـنش انرژی گیاه عمدتاً به جای افزایش عملکرد دانه صرف تولید تعداد چتر بیش‌تر شده است و طبق نتایج مطالعه حاضر رابطه بین عملکرد دانه و تعداد چتر تحت این شرایط منفی بوده است، لذا این موضوع منجر به دستخوش تغییراتی در عملکـرد دانـه شـده اسـت. مینـا و همکـاران (Meena et al., 2013) بـا بـرآورد ضـریب همبسـتگی فنـوتیپی و اکوتیپی نشان دادند که عملکرد دانه در گیاه ارتباط اکوتیپی مثبـت و معنی‌دار با مجموع ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چتر مؤثر گیاهی، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک در هر بوته و شاخص برداشت دارد.

در بررسی بای‌پلات اکوتیپ × صفت به‌منظور بررسی روابط بین متغیرها، طول بردار رسم‌شده از مبدأ مختصات به‌سمت مثبت افزایش و به‌سمت منفی کاهش را برای آن صفت نشان می‌دهـد. بـر اسـاس شکل 1 ناحیه A به‌دلیل حضور صفاتی چون عملکرد، تعـداد دانـه در بوته، تعداد چتر بارور در بوتـه و تعـداد چتـر در بوتـه بهتـرین ناحیـه معرفی‌شده و اکوتیپ‌هایی که در این ناحیه واقع می‌شوند در بروز این صفات بهتر از دیگر اکوتیـپ‌هـا عمـل کـرده‌انـد. در شـرایط نرمـال اکوتیپ‌های بجنورد، نیشابور و مشهد بهتر از دیگر اکوتیپ‌ها و اکوتیپ بجنورد نیز به‌دلیل قرار گرفتن روی رأس چند ضلعی، بهترین اکوتیپ مطالعه حاضر معرفی می‌شود. در شرایط تنش (شکل 2) نیـز صـفات عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته و تعداد چترک در چتـر اصـلی کـه از اجزای عملکرد دانه محسوب می‌شوند، در ناحیه A قـرار گرفتنـد. بـه همین دلیل به‌ترتیب اکوتیپ‌های بجنورد، نیشـابور، رومـی و مشـهد بهترین نماینده این صفات در شرایط تنش بودند. اکوتیپ‌های بجنورد، نیشابور و مشهد در هر دو شرایط عملکرد بالایی از خود نشان دادند. با توجه به اینکه اکوتیپ‌های خوسف، ایلام و گناباد به‌دلیل حضور در مناطق B و C، که از لحاظ صفات ارتفاع کل، طول میان گره انتهایی و تعداد شاخه در بوته برتر بودند، مـی‌تـوان نتیجـه گرفـت کـه ایـن اکوتیپ‌ها عملکرد بیولوژیک بهتری دارند. قابل ذکر است که اکوتیپ رومی در شرایط تنش نسبت به نرمال سـازگاری بـیش‌تـری از خـود نشان داد که می‌توان نتیجه گرفت این اکوتیپ در منـاطق خشـک و شرایط کم‌آبی بهترین گزینه برای کشت‌وکار و در نتیجه معرفـی بـه زارعین این مناطق بوده و می‌تواند در برنامه‌های اصـلاحی از صـفت مقاومت به خشکی آن بهره‌برداری نمود.

نتیجه‌گیری

در تجزیه خوشه‌ای و هم‌چنین با توجه به نتـایج جـدول مقایسـه

میانگین‌ها و نتایج حاصل از تجزیه بای‌پلات، در هر دو شرایط نرمال و تنش، اکوتیپ‌های بجنورد، نیشابور و مشهد ازنظر صفات مهمی از جمله عملکرد دانه، تعداد دانه و تعداد چترک در چتر اصلی دارای میانگین بالاتری نسبت به میانگین گروه دوم بودند و به‌عنوان گروه برتر شناسایی شدند. هم‌چنین اکوتیپ رومی به‌دلیل عملکرد متفاوت آن در شرایط تنش نسبت به نرمال، به‌عنوان اکوتیپ مقاوم به کم‌آبی در این بررسی معرفی شد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، مقایسه میانگین، وراثت‌پذیری صفات و تجزیه همبستگی؛ صفات تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد چتر بارور را می‌توان به عنوان تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد دانه و انجام بهترین گزینش در برنامه‌های اصلاحی بکار گرفت. هم‌چنین در مجموع دو شرایط تنش و نرمال می‌توان اکوتیپ بجنورد را که هم از نظر میزان و پایداری عملکرد نسبت به بقیه اکوتیپ‌ها برتری دارند را برای کشت‌وکار به کشاورزان بومی معرفی نمود و در برنامه‌های اصلاحی و به‌نژادی از آن‌ها بهره برد.

منابع

Ahmadi, Y., Akbari, G., Izadi Darbandi, A., and Allah Dadi, I. 2014. Effect of drought stress on the yield and components yield of various ecotypes of *Foeniculum vulgare* Mill. Environmental Stresss in Crop Sciences 10: 173-182. (In Persian with English Summary)

Bahmani, K., Izadi Darbandi, A., Ramshini, H.A., Moradi, N., and Akbar, A. 2015. Agromorphological and phytochemical diversity of various Iranian fennel landraces. Industrial Crops and Products 77: 282-294.

Berenguer, M.J., and Faci, J.M. 2001. Sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Munch) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. European Journal of Agronomy 15:43-45.

Bahmankar, M., Raij M.R., Seloki, A.R., and Shirkool, K. 2014. Assessment of broad sense heritability and genetic advance in safflower. International Journal of Biosciences 4: 131-135.

Buntain, M., and Chung, B. 1994. Effects of irrigation and nitrogen on the yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Australian Journal of Experimental Agriculture 34: 845- 849.

Charles, D.J., Morales, M.R. and Simon, J.F. 1993. Essential oil content and composition of Finnochio fennel, pp. 579-582. In: J. Janick and J.E. Simon (Eds.). New Crops: Exploration, Research, Commercialization. Proc. New Crops, Oct. 6-9, 1991, Indianapolis, IN. John Wiley & Sons, Inc., N.Y.

Darzi, M.T., and Haj Seyed Hadi, M.R. 2002. Agronomic and ecological issues in chamomile and fennel. Journal of Zeytoon 152: 43-49. (In Persian)

Emami, A., Soleimani, A., Shahrjebian, M.H., and Naranjani, L. 2010. Effect of irrigation and plant density on yield and yield components of four cultivars of fennel. The Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture. Khorasgan, Islamic Azad University of Khorasgan, Isfahan, Iran. (In Persian with English Summary)

Gholami, A., Akbari, I., and Abbas-Dokht, H. 2015. Investigating the application of organic and organic fertilizers on the growth and yield characteristics of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Journal of Agroecology 7(2): 215-224. (In Persian with English Summary)

Hung, B. 2000. Role of root morphological characteristics in drought resistance of plant. Plant environmental interaction. Second Edition. CRC Press. pp. 39-64.

Jangir, R.P., and Singh, R. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Indian Journal of Agronomy 41:140-143.

Koocheki, A., Nasiri Mohalati, M., and Azizi, K. 2006. Effect of irrigation intervals and plant density on yield and yield components of two fennel landraces. Journal of Agricultural Researches 1: 131-140. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Tabrizi, L., Keikha Akhar, M., and Roohi, A. 2016. Investigation of yield and germination qualitative characteristics of seeds of black cumin (*Nigella sativa* L.), isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) and fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under organic cultivation. Journal of Agroecology 8(2): 153-168. (In Persian with English Summary)

Khorshidi, J., Fazel Mirahmadi S., and Fakhr Tabatabaei, M. 2010. Oil content and yield of *Foeniculum vulgare* Mill. cv. Soroksary seeds as affected by different plant cultivation. Journal of American Science 6: 1098-1100.

Lal, R.K. 2008. Stability and genotypes × environment interactions in fennel. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 13(3): 47-54.

Meena, S.K., Singh, B., and Meena, A.K. 2013. Variability in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) for yield and yield attributes. Indian Research Journal of Genetics and Biotechology 5(2): 117-124.

Omid-beygi, R. 2009. Processing of Medicinal Plants. Beh-nashr Publications, The Second Volume, Iran. 265 p. (In Persian)

Patel, D.G., Patel, P.S., and Patel, I.D. 2008. Studies on variability of some morphological characters in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Journal of Spices and Aromatic Plants 17 (1): 29–32.

Sabet Teimouri, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2016. Arvane-Bezghi (*Hymenocrater platystegius* Rech.f.) different ecotypes at natural habitat in Khorasan Razavi Province: Principal component analysis. Journal of Agroecology 8(1): 17-32. (In Persian with English Summary)

Sarmadnia, G. and Koocheki, A., 1991. Physiological Aspects of Dry Land Cultivation. 2th Edition. University of Mashhad Publication, Iran. 426 p. (In Persian)

Vogel, H. 2004. Boldo (*Peumus boldus* Mol.)- Exploitation from the wild and domestication studies. Medicinal Plant Conservation 9(10): 21-24.

Ward, J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58: 236-244.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 877-892

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 892-877

Evaluation of Different Ecotypes of Fennel Based on Morpho-phenological and Quantitative Characteristics under Water Stress Conditions

A. Izanloo[1], M. Zabet[1], S.H.R. Ramazani[2*] and A. Jami[3]
Submitted: 24-05-2017
Accepted: 25-06-2018

Izanloo, A., Zabet, M., Ramazani, S.H.R., and Jami, A. 2019. Evaluation of different ecotypes of fennel based on morpho-phenological and quantitative characteristics under water stress conditions. Journal of Agroecology. 11(3): 877-892.

Introduction

Drought stress is one of the abiotic factors that restricts crop growth and performance in most regions of the world. It causes changes in the growth of medicinal plants regarding the quantity and quality of their active ingredients. Fennel belongs to Apiaceae family that is growing in most parts of Iran. Essential oil that obtained from its seeds used in various industries of pharmaceutical, food, and cosmetics. Wide germplasm resources, genetic diversity among species, low water requirement and drought resistance have been factors for increasing importance of this plant. Despite of tendency to use and produce natural products, and importance of medical application of fennel, few studies have been existed and resulted in using local mass for cultivation in Iran. Studies suggested that for yield improvement, selection should be emphasis on plant height, primary branches, total plant branches and the number of effective umbrella in plant. The purpose of this research is to evaluated the morpho-phenological and quantities characteristics of different ecotypes of fennel and selection criteria for resistance and compatibility under water stress.

Materials and Methods

This experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at two locations of normal and end-of-season drought stress at the agricultural research farm of University of Birjand during 2014-2015 growing season. Ecotypes contained: Birjand, Mashhad, Nishabur, Gonabad, Bojnoord, Ilam and a Roman cultivar. Drought stress was treated before flowering by evaporation pan (Type A). Traits such as number of days to 50% flowering, days to 50% maturity, plant height, height of the main umbrella, the number of main branches per plants, the number of umbrellas, effective number of umbrella per plants, the number of seeds per main umbrella, the number of umbelets in main umbrella, Internodal length, internodes number and grain yield were measured. Analysis of variance and drawing By-Plot was carried out with GenStat 12 software. Cluster analysis and Pearson correlation coefficient analysis was performed using SPSS software.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that the genotypes were significantly different for all traits except for the number of branches and the number of umbrella per plants in 1% probability levels. This result indicates that there is genetic variation in these genotypes for evaluated traits in normal and drought conditions. Correlation coefficient analysis showed a significant correlation between investigated traits under both normal and stress conditions. Result of cluster analysis was similar under both normal and stress condition and investigated ecotypes of fennel were divided to two distinct groups. Under normal condition, the highest seed yield was related to Birjand ecotype. Under drought stress condition, however, the highest seed yield corresponded to Mashhad, Nishabour, Khousf and Bojnord ecotypes while Romi and Ilam ecotypes where located in middle class

1- Assistant Professor and Associate Professor Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Saraian Agricultural School, University of Birjand, Birjand, Iran
3- M.Sc. Graduated student in Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: hrramazani@Birjand.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.64621

for seed yield trait and lowest seed yield was related to Gonabad ecotype. Based on bi-plot analysis of genotype×traits, under normal conditions ecotypes such as Ilam, Gonabad and Khoosf had the highest value in plant height, internode length, days to maturity and the main branches. Under stress conditions, ecotypes such as Bojnoord, Mashhad, Nishabur and Roman had the best grain yield. Ilam and Khoosf showed moderate yield.

Conclusion

There was a significant difference between yields of different genotype under both normal and stress conditions that is related to the number of fertilized umbels and the number of umbels per plant. Under drought stress conditions genotypes such as Mashhad, Nishabur, Khosf and Bojnoord had the highest performance and belong in one class, while Ilam and Roman genotypes were in middle classes and Gonabad genotype stay on in lowest yield. The number of umbels per plant, the number of seeds per plant and umbels can be as effective traits on grain yield and can be the best criteria for selection in breeding programs.

Key words: Bi-plot analysis, Cluster analysis, Correlation Coefficient analysis, Drought stress, Genotype